



**Europäisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office européen
des brevets**

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03450050.4

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Anmeldung Nr:
Application no.: 03450050.4
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 25.02.03
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

AKG Acoustics GmbH
Lemböckgasse 21 - 25
1230 Wien
AUTRICHE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Selbstkalibrierung von Arraymikrofonen

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

H04R/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT SE SI SK TR LI

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Selbstkalibrierung von Arraymikrofonen

Die Erfindung betrifft Arraymikrofone. Arraymikrofone werden in Umgebungen wie PKW, Rednerpult, Bühne od. dgl. eingesetzt, um Schallquellen und Sprecher, kurz das
5 Signal, gezielt aufzunehmen und Umgebungslärm zu unterdrücken. Im PKW werden Arraymikrofone einerseits als Freisprechmikrofon bei Telefonaten verwendet und andererseits bei Systemen, wie z.B. Navigationssystemen, die mittels Spracherkennung bedient werden.

Arraymikrofone bestehen aus einer Anordnung von Einzelmikrofonen, die signaltechnisch
10 miteinander verbunden sind. Bei der Anordnung der Mikrofone kann grundsätzlich zwischen ein-, zwei- und dreidimensional angeordneten Arraymikrofonen unterschieden werden. Bei eindimensionaler Anordnung werden die Mikrofone entlang einer Linie, z.B. einer Geraden oder einem Kreisbogen angeordnet. Bei Verwendung von Mikrofonen mit
15 kugelförmiger Richtcharakteristik ist die Orientierung der Einzelmikrofone unwesentlich, da sie nur als Druckempfänger und daher im Raum ungerichtet wirken. Bei Verwendung von Gradientenmikrofonen ist die Ausrichtung der Einzelmikrofone wesentlich: Die Gesamt-Richtcharakteristik und damit die gesamte Bündelung des Arraymikrofons entsteht durch die Kombination der Richtcharakteristiken der Einzelmikrofone zusammen mit der
20 Anwendung des weiter unten beschriebenen Algorithmus, mit dem die Mikrofonensignale gemeinsam verarbeitet werden.

Man unterscheidet zwei Arten von eindimensionalen Arraymikrofonen: Broadside Arraymikrofone und Endfire Arraymikrofone. Sie unterscheiden sich in der Richtung der bevorzugten Schalleinfallsrichtung relativ zur Anordnung der Mikrofone: Bei Endfire
Arraymikrofonen ist die bevorzugte Schalleinfallsrichtung in Längsrichtung der
25 Mikrofone, d.h. für Schalleinfallsrichtungen mit $\theta = 0$ Grad. Bei Broadside Arraymikrofonen ist die bevorzugte Schalleinfallsrichtung $\theta = 90$ Grad. Die gegenseitigen Abstände der Mikrofone können konstant oder voneinander verschieden sein. Im zweiten Fall werden für verschiedene Frequenzbereiche unterschiedliche Gruppen von Mikrofonen für das Beamforming verwendet, wie in [1] beschrieben.

30 Die signaltechnische Verbindung der Einzelmikrofone kann auf der analogen oder der digitalen Ebene erfolgen. Im Folgenden soll die Implementierung im Digitalbereich betrachtet werden. Die einzelnen Mikrofonensignale werden mittels Analog-Digital-

Konvertieren digitalisiert und einer Signalverarbeitungseinheit zugeführt. Mittels der Signalverarbeitungseinheit wird ein geeigneter Algorithmus (Stichwort „Beamforming“) auf die Mikrofonsignale angewendet. Mit Hilfe dieses Algorithmus wird der Bündelungsgrad des Mikrofons erhöht und seitliche Schallquellen werden unterdrückt.
5 Einen guten Überblick über Arraymikrofone findet man in [1] und in der dort zitierten Literatur.

Bestandteil des Algorithmus sind Filterkoeffizientensätze, die für die Anordnung, Art, Empfindlichkeit und Charakteristik der verwendeten Mikrofone, die akustische Umgebung und die Orte der Schallquellen charakteristisch sind. In diesen Filterkoeffizientensätzen
10 können unterschiedliche Eigenschaften der einzelnen Mikrofone berücksichtigt werden, wie sie beispielsweise durch Fertigungsstreuungen, Alterungseffekte etc. hervorgerufen werden. Eine häufig verwendete Filterstruktur ist in der Literatur unter „Filter and Sum Beamformer“ bekannt (siehe z.B. [1], Seite 159). Dabei werden die einzelnen Mikrofonsignale nach der Analog-Digital-Konversion mit geeigneten FIR-Filtern (Finite
15 Impulse Response Filtern) gefiltert und danach addiert. Ein Ausführungsbeispiel mit 4 Mikrofonen zeigt die den Stand der Technik widerspiegelnde Fig. 1.:

In Fig. 1 wird ein einfaches lineares Mikrofonarray mit gleichen Abständen d zwischen den einzelnen Mikrofonen gezeigt. Der Schalleinfallswinkel θ ist auf die Längsachse des Mikrofonarrays bezogen. Die einfallende Schallwelle trifft mit unterschiedlichen
20 Laufzeiten auf die einzelnen Mikrofone des Arrays auf. Die Laufzeitunterschiede entsprechen den Wegunterschieden $d \cdot \cos(\theta)$. Die in Fig. 1. gezeigten FIR-Filter FIR_1 bis FIR_4 enthalten Filterkoeffizientensätze, die frequenzabhängigen Amplituden- und Phasenunterschieden entsprechen. Nach der Filterung werden die Signale addiert (Filter and Sum Beamformer). Durch die erwähnten Amplituden- und Phasenunterschiede werden
25 Schallwellen, die aus bestimmten Einfallsrichtungen kommen, durch konstruktive Überlagerung verstärkt und Schallwellen aus anderen Schalleinfallsrichtungen durch destruktive Überlagerung abgeschwächt. Als allereinfachsten Spezialfall kann man sich die FIR-Filter FIR_1 bis FIR_4 als sogenannte Allpassfilter vorstellen, welche alle die gleiche frequenzunabhängige Verzögerung aufweisen. In diesem Fall werden Schallwellen mit
30 Einfallswinkel $\theta = 90$ Grad verstärkt und Schallwellen aus anderen Einfallsrichtungen abgeschwächt, d.h. man hat ein sogenanntes Broadside Array vorliegen.

Die oben erwähnten Filterkoeffizientensätze werden in vielen Anwendungen für eine fix vorgegebene Standardsituation berechnet und im Betrieb des Arraymikrofons als konstante Größen verwendet.

Die Überprüfung einzelner Mikrofone im Array erfolgt derzeit derart, dass beim Einbau
5 oder im Servicefall die Stromaufnahme der einzelnen Mikrofone überprüft wird. Der Wert der Stromaufnahme wird dahingehend überprüft, ob er zwischen zwei vorgegebenen Grenzwerten zu liegen kommt. Damit kann man die prinzipielle Funktionstüchtigkeit der Einzelmikrofone feststellen. Mehr geschieht nicht.

Dabei treten, insbesondere, aber nicht ausschließlich im PKW verschiedene Probleme auf:

10 Das erste Problem betrifft den Ausfall eines Einzelmikrofons. Das kann den Bündelungsgrad des gesamten Arraymikrofons sehr stark verringern und die Richtcharakteristik in ungewollter Weise verändern. Der Benutzer merkt eine Verschlechterung der durch das Arraymikrofon angesteuerten Funktion ohne die genaue Ursache lokalisieren zu können, z.B. der Spracherkenner funktioniert plötzlich nur mehr schlecht, beim Telefonieren wird
15 der Sprecher nur schlecht verstanden.

Diese Verschlechterungen können im Allgemeinen verschiedene Ursachen haben, die nicht mit dem Arraymikrofon zusammen hängen müssen. So kann z.B. die verwendete GSM-Übertragungsstrecke beim Telefonieren gestört sein. Für eine Fehlerdiagnose ist es daher wesentlich zu wissen, ob wenigstens das Arraymikrofon als Teilsystem voll funktionsfähig
20 ist. Nach dem Stand der Technik kann die Stromaufnahme des Mikrofons nur im Labor bzw. im Servicefall festgestellt werden.

Das zweite Problem ist eher schleichender Natur: Durch Streuungen der Eigenschaften der Einzelmikrofone im Zuge der Herstellung bzw. unterschiedlich verlaufende Alterungsprozesse oder unterschiedliche Reaktion auf sich ändernde Umweltbedingungen können
25 die Richt- und Frequenzcharakteristiken der Einzelmikrofone stark voneinander abweichen. Dadurch können die oben erwähnten Algorithmen für die Signalbearbeitung nicht mehr in der gewünschten Art wirken.

Darüber hinaus werden durch den Einbau des Arraymikrofons, beispielsweise in eine Fahrzeugkabine, die akustischen Verhältnisse im Vergleich zum Labor bei der
30 Entwicklung, geändert, da Reflexionen, Beugungen und Interferenzen durch

Mehrfachschaallwege auftreten. Dadurch kann die Richtcharakteristik des Arraymikrofons in nachteiliger Weise verändert und der Bündelungsgrad verringert werden.

Ähnliche Veränderungen der Mikrofoncharakteristik treten auf, wenn sich die Anzahl und Verteilung der Personen im Fahrzeug ändern, wenn ein Schiebedach oder Fenster geöffnet
5 oder geschlossen wird, etc.

Die Erfindung hat das Ziel, diese Probleme zu beseitigen, zumindest aber ihre Auswirkungen deutlich zu verkleinern, ohne dass ein Ausbau des Arraymikrofons oder eine komplizierte und damit teure Umrüstung notwendig ist.

Erfindungsgemäß wird dieses Ziel dadurch erreicht, dass zumindest ein Lautsprecher im
10 Erfassungsbereich des Arraymikrofons vorgesehen ist, der ein akustisches Testsignal abgibt, und dass die Signale der Einzelmikrofone von einem Signalprozessor (DSP) ausgewertet und auf ihre Stimmigkeit in Bezug auf den gewollten Signalcharakter und die gewollte Signalstimmigkeit überprüft werden.

Der Lautsprecher kann dabei entweder fix eingebaut sein, oder Teil einer transportablen
15 Prüfvorrichtung sein, der Signalprozessor kann der des Arraymikrofons sein oder ebenfalls Teil der Prüfvorrichtung. Wenn mehrere Lautsprecher vorgesehen sind, ist neben der Kontrolle der Einzelmikrofone auch eine Kontrolle des Beamforming besonders genau möglich.

Die Erfindung wird in der folgenden Beschreibung an Hand eines Beispieles näher
20 erläutert. Dabei zeigt

die Fig. 1 eine Prinzipskizze der Anordnung und Signalverbindung gemäß dem Stand der Technik,
die Fig. 2 ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel mit vier Mikrofonen,
die Fig. 3 eine Variante der Ausführungsform der Fig. 2,
25 die Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel zur Messung der Lautsprecherimpedanz,
die Fig. 4a ein Schaltschema für ein Verfahren und
die Fig. 5 ein Ausführungsbeispiel des Verfahrensablaufes.

Die Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit 4 Mikrofonen 1 bis 4. Die Abstände der Mikrofone 1 – 4 sind in diesem Ausführungsbeispiel gleich. Der Lautsprecher 5 wird von
30 allen Mikrofonen akustisch erfasst, d.h. ein Signal, das der Lautsprecher 5 aussendet wird

von allen Mikrofonen aufgenommen. Die Mikrofone 1 bis 4 können sowohl als Druckempfänger als auch als Gradientenempfänger ausgeführt sein.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel zeigt die Fig. 3. Dieses ist im Prinzip wie in Fig. 2 aufgebaut, jedoch sind alle akustischen Wandler in einem gemeinsamen Gehäuse 6 untergebracht. In diesem Gehäuse können auch elektronischen Komponenten, A/D- und D/A-Wandler untergebracht sein. Von den Mikrofonen 1-4 sind nur die Einsprachöffnungen zu sehen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann, wie im Folgenden näher erläutert, aufgebaut sein, das erfindungsgemäße Verfahren, das mit Hilfe des Lautsprechers und des Signalprozessors beispielsweise als akustischer Selbsttest des Arraymikrofons durchgeführt wird, kann folgendermaßen ablaufen:

Es wird im, am oder in der Nähe von dem Arraymikrofon ein Kalibrierlautsprecher 5 – bevorzugt ein Kleinlautsprecher nach dynamischem Prinzip – montiert, der eine akustische Verbindung zu den Einzelmikrofonen 1-4 des Arrays in dem Sinne besitzt, dass das Lautsprechersignal von jedem der Mikrofone aufgenommen werden kann. Der optimale Platz für die Positionierung des (einzelnen) Kalibrierlautsprechers ist in der Mitte der Mikrofonanordnung, wo die Summe aller Wege Kalibrierlautsprecher-Mikrofon ein Minimum ergibt. Jedoch sind auch andere Lautsprecherpositionen denkbar, z.B. am Rand des Arrays oder etwas davon entfernt, wie in den dargestellten Ausführungsbeispielen. Der Kalibrierlautsprecher 5 ist mit einem Verstärker verbunden.

Das Ziel des Selbsttests ist insbesondere die Überprüfung einer oder mehrerer der im Folgenden angeführten Parameter der einzelnen Mikrofone:

- Das Mikrofon ist eingeschaltet,
- Das Mikrofon hat die richtige Polung,
- Das Mikrofon hat die gewünschte Empfindlichkeit,
- Das Mikrofon weist den gewünschten Frequenzverlauf der Empfindlichkeit auf,
- Das Mikrofon weist keine zu großen Verzerrungen auf und
- Die Richtwirkung der Mikrofone

Vor Beginn des akustischen Selbsttests wird der Kalibrierlautsprecher überprüft. Dabei wird festgestellt, ob seine elektrische Impedanz innerhalb vorgegebener Grenzwerte liegt. Erst wenn diese Bedingung erfüllt ist, wird mit dem akustischen Selbsttest der Mikrofone

begonnen. Diese Überprüfung der Lautsprecherimpedanz kann dadurch erfolgen, dass das Lautsprechersignal direkt an einen der A/D-Wandler (Analog-Digitalwandler) gelegt wird. Fig. 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel zur Messung der Lautsprecherimpedanz wobei der Lautsprecher parallel zur Eingangsimpedanz des A/D-Wandlers betrieben wird. Sollte das
5 Verhältnis der Lautsprecherimpedanz zur Eingangsimpedanz des A/D-Wandlers zu weit vom Wert 1 abweichen, so kann ein zusätzlicher Vorwiderstand vor den Lautsprecher geschaltet werden.

Die Messung der Lautsprecherimpedanz erfolgt nach einem, dem Techniker bekannten Verfahren zur Messung komplexer Impedanzen. Dabei wird beispielsweise eine
10 Konstantstromquelle an den Lautsprecher gelegt und die Spannung an den Lautsprecherklemmen gemessen.

Als bevorzugtes Ausführungsbeispiel wird im Folgenden ein Verfahren beschrieben. Das zugehörige Schaltschema ist in Fig. 4a gezeigt. Dabei wird über den D/A-Wandler 6 ein Signal zum Leistungsverstärker 2 gesendet. Dieser Leistungsverstärker hat eine definierte
15 Ausgangsimpedanz R_a . Das verstärkte Signal gelangt zum Lautsprecher 8 mit der Impedanz R_{LS} und weiter zum Eingang des A/D-Wandlers 9, welcher eine definierte Eingangsimpedanz R_i besitzt. R_a und R_{LS} bilden einen Spannungsteiler. Die Spannung wird am A/D-Wandler gemessen und mit einer Referenzmessung verglichen, bei der als Impedanz eine bekannte Referenzimpedanz an Stelle des Lautsprechers verwendet wird.
20 Die Daten der Referenzmessung werden nur einmal ermittelt und in einem nichtflüchtigen Datenspeicher (z.B. in einem ROM) vermerkt. Aus den beiden so ermittelten Spannungswerten kann die unbekannte Lautsprecherimpedanz R_{LS} ermittelt werden. Als Referenzmessung kann auch eine Messung ohne Lautsprecher verwendet werden, d.h. die Referenzimpedanz ist unendlich Ohm.

25 Die Auswertung der Mikrofonsignale kann auf verschiedene Weise erfolgen. Als geeignete Messsignale können Sinussignale, stochastische Rauschsignale oder periodische Rauschsignale wie z.B. Maximalfolgenrauschen verwendet werden. Einige Verfahren sollen beispielhaft beschrieben werden:

Verfahren 1) Im einfachsten Fall werden einige Sinussignale mit verschiedenen Frequenzen hintereinander ausgegeben. Die Pegel an den einzelnen Mikrofonen werden auf
30 ihre Stimmigkeit überprüft, d.h. ob die gemessenen Spannungen innerhalb vorgewählter

Grenzen liegen. Aus den Ergebnissen wird abgeleitet, ob das Mikrofon funktionsfähig ist oder nicht.

Verfahren 2) Der Lautsprecher sendet ein periodisches Rauschsignal, z.B. Maximalfolgenrauschen, aus. Durch die Mittelung der Signalantworten der einzelnen Mikrofone
5 wird das Signal-Rauschverhältnis verbessert. Aus den gemittelten Mikrofonsignalantworten können durch Anwendung der sogenannten Diskreten Fourier Transformation (DFT) die Impulsantworten des jeweiligen Systems Lautsprecher-Mikrofon berechnet werden. Dieses Verfahren ist analog dem aus der Literatur ([2]: Vorländer, M.: Anwendungen der Maximalfolgenteknik in der Akustik. Fortschritte der Akustik - DAGA
10 94, S. 83-102) bekannten Verfahren zur Messung von Lautsprechern und Mikrofonen. Die derart gemessenen Impulsantworten Lautsprecher-Mikrofon werden überprüft, ob ihr Maximum innerhalb vorgewählter Laufzeiten zu liegen kommt. Die gemessenen Amplitudenübertragungsfunktionen werden überprüft, ob diese innerhalb vorgewählter Toleranzbereiche liegen. Diese Amplitudenübertragungsfunktionen sind ein Maß für die
15 Mikrofonempfindlichkeit. Durch Vergleich mit einer Referenzmessung lässt sich die Änderung der Mikrofonempfindlichkeit, z.B. hervorgerufen durch Alterung oder Umwelteinflüsse feststellen.

Der Selbsttest wird beispielsweise durch ein Steuersignal zur Signalverarbeitungseinheit ausgelöst. Von dieser wird ein Messsignal zum Verstärker und weiter zum Kalibrierlautsprecher gesendet. Dieses Messsignal wird von den einzelnen Mikrofonen aufgezeichnet und danach von einer Auswerteeinheit ausgewertet. Aus den aufgezeichneten Messsignalen können die oben angeführten Mikrofonparameter entnommen werden.

- Eine Ausführungsvariante der akustischen Selbstkalibrierung besteht darin, das Messsignal unhörbar für die Personen in der Nähe, z.B. für die PKW-Insassen
25 auszusenden. Das Messsignal wird dabei im Audibereich mit geringem Pegel ausgesendet. Durch Mittelung der aufgezeichneten Mikrofonsignale im Zeitbereich kann auch bei Signal-Rauschverhältnissen < 0 dB gemessen werden, ähnlich wie dies bei raumakustischen Messungen, z.B. in voll besetzten Konzertsälen, während der Vorstellung erfolgt. Erst durch die Mittelung der Signalantworten werden die
30 korrelierten Signalanteile verstärkt und die nichtkorrelierten Hintergrundgeräusche eliminiert.

- Eine weitere Ausführungsvariante besteht darin, mehrere Kalibrierlautsprecher zu verwenden. Dadurch können die oben genannten Mikrofonparameter genauer gemessen und zusätzlich Informationen über die Richtwirkung der Mikrofone erhalten werden.
- 5 • Eine andere Ausführungsvariante der akustischen Selbstkalibrierung besteht darin, dass die Überprüfung der Arrays im Ultraschallbereich erfolgt, d.h. in einem für den Benutzer unhörbaren Frequenzbereich erfolgt. Die verwendeten akustischen Wandler müssen zu diesem Zweck zumindest in einem Teilfrequenzbereich, der über 20kHz liegt, genügend hohe Übertragungsfaktoren aufweisen.

10 Auswertung der festgestellten Fehler

Die aus den Auswerteverfahren ermittelten eventuell festgestellten Fehler werden bevorzugt auf eine oder mehrere der folgenden Arten weiterverarbeitet:

- Der Fehler wird im Fehlermanagementsystem des Fahrzeuges gespeichert. Beim nächsten Besuch einer Fachwerkstätte kann das defekte Mikrofonmodul getauscht werden.
- 15 • Der Fehler kann im Fahrzeug angezeigt werden beispielsweise in einer Systemkonsole, in einer Kontrollleuchte, in einem Pop-Up-Menü auf dem Bildschirm des Fahrzeugcomputers etc.
- Der Fehler kann im Fahrzeug akustisch gemeldet werden durch Ausgabe einer geeigneten Warnung über die Autolautsprecher oder den Kalibrierlautsprecher des Arraymikrofons.
- 20

Das erfindungsgemäße Verfahren weist, abgesehen von der Möglichkeit der Erkennung einer ganzen Reihe bisher nicht festzustellender Mängel noch den Vorteil auf, dass die Messung bei laufendem Betrieb des Mikrofons durchgeführt werden kann. Nach
25 erfolgreich abgelaufener Überprüfung kann beispielsweise eine automatische Anzeige „Mikrofon OK“ erfolgen.

Darüber hinaus ist es auch möglich, dem zweiten oben genannten Problemkreis beizukommen: Es wird dazu der akustische Selbsttest genauso durchgeführt wie oben beschrieben. Dann werden die Ergebnisse der aufgezeichneten Mikrofonsignale dazu
30 verwendet, die oben erwähnten Koeffizienten neu zu berechnen und zu implementieren.

Die Art der Adaptierung der Filterkoeffizienten kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass die nach obigem Verfahren bestimmte, altersbedingte Änderung der Mikrofonempfindlichkeit bei der Berechnung der Filterkoeffizientensätze berücksichtigt wird. Dadurch werden Änderungen der Mikrofoneigenschaften, insbesondere des Empfindlichkeits-
5 frequenzverlaufes kompensiert. Das Verfahren ist im Blockschaltbild in Fig.5. gezeigt.

Die Durchführung dieser Adaption ist dem Fachmann auf dem Gebiete der Elektroakustik in Kenntnis der Erfindung ohne Probleme möglich. Bevorzugt wird, dass Selbsttest, Neuberechnung und Implementierung in regelmäßigen Zeitabständen durchgeführt werden. Das ermöglicht auch eine Verbesserung der Mikrofonbündelung, denn damit kann
10 auf wechselnde Umgebungsbedingungen reagiert werden, wie z.B.: auf das Öffnen oder Schließen von Fenstern, das Zusteigen oder Aussteigen von Personen, die Änderung der Mikrofoneigenschaften als Folge von Änderungen der Umgebungsparameter wie Lufttemperatur, Luftdruck oder Luftfeuchtigkeit, direkte Sonnenbestrahlung eines Teils des Arraymikrofons mit daraus resultierender unterschiedlicher Erwärmung der
15 Einzelmikrofone, etc.

Literatur:

- [1] M. Brandstein, D. Wards (Eds), Microphone Arrays, Springer Verlag, 2001
- 20 [2] Vorländer, M.: Anwendungen der Maximalfolgentechnik in der Akustik. Fortschritte der Akustik - DAGA 94, S. 83-102.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Patentansprüche:

1. Arraymikrofon mit mehreren Einzelmikrofonen (1 – 4), dadurch gekennzeichnet, dass ein Lautsprecher (5) im Erfassungsbereich jedes der Mikrofone angeordnet ist und dass
5 eine elektronische Schaltung vorgesehen ist, die den Lautsprecher (5) so beaufschlagt, dass er ein vorbestimmtes akustisches Testsignal abstrahlt, und dass die von jedem der Mikrofone als Antwort auf den Empfang des Testsignals kommenden Testantwortsignale ausgewertet.
2. Verfahren zum Prüfen von Arraymikrofonen, die aus mehreren Einzelmikrofonen
10 (1 - 4) bestehen, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein gemeinsamer Lautsprecher (5) im Erfassungsbereich jedes Einzelmikrofons vorgesehen ist, der mit einer Prüfelektronik verbunden ist, mit der auch jedes Einzelmikrofon verbunden ist, dass die Prüfelektronik über den Lautsprecher ein vorbestimmtes akustisches Testsignal abgibt, dass die Prüfelektronik die daraufhin von jedem Einzelmikrofon
15 kommenden Testantwortsignale auswertet und mit Signalmodellen vergleicht, die in der Prüfelektronik oder extern gespeichert sind, und die ordnungsgemäß funktionierenden Einzelmikrofonen entsprechen, und dass die Prüfelektronik in Abhängigkeit vom Ergebnis des Vergleiches eine entsprechende Mitteilung anzeigt und/oder speichert.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Prüfelektronik vor Abgabe des akustischen Testsignals eine Überprüfung des Lautsprechers (5) durchführt, wobei das Lautsprechersignal direkt an einen der A/D-Wandler gelegt wird und der Lautsprecher parallel zur Eingangsimpedanz des A/D-Wandlers betrieben wird und wobei der Lautsprecher einen Spannungsteiler zusammen mit dem
25 Ausgangswiderstand des den Lautsprecher betreibenden Leistungsverstärkers bildet, das am A/D-Wandler anliegende Signal aufgezeichnet und ausgewertet wird, indem dieses Signal mit einem Referenzsignal verglichen wird das aus der Messung mit einer Referenzimpedanz anstelle der Lautsprecherimpedanz stammt.
4. Verfahren nach Anspruch 3 dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der
30 Lautsprecherimpedanz zur Eingangsimpedanz des A/D-Wandlers überprüft wird und, wenn es zu weit vom Wert 1 abweicht, durch einen zusätzlichen Vorwiderstand, der vor den Lautsprecher geschaltet wird, angepaßt wird.

5. Verfahren zum automatischen Kalibrieren von Arraymikrofonen, die aus mehreren Einzelmikrofonen (1 - 4) bestehen, wobei die Mikrofonsignale mittels Analog-Digital-Konvertern digitalisiert und einer Signalverarbeitungseinheit zugeführt werden, die mittels eines geeigneten Algorithmus, der auf die Mikrofonsignale angewendet wird, den Bündelungsgrad des Arraymikrofons erhöht und seitliche Schallquellen unterdrückt, wobei Filterkoeffizientensätze, die für die Anordnung, Art, Empfindlichkeit und Charakteristik der verwendeten Mikrofone, die akustische Umgebung und die Orte der Schallquellen charakteristisch sind, Bestandteil des Algorithmus sind, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Lautsprecher (5) im Erfassungsbereich jedes Einzelmikrofons vorgesehen ist, der mit einer Prüfelektronik verbunden ist, mit der auch jedes Einzelmikrofon verbunden ist, dass die Prüfelektronik über den Lautsprecher (5) ein vorbestimmtes akustisches Testsignal abgibt, dass die Prüfelektronik die daraufhin von jedem Einzelmikrofon (1 - 4) kommenden Testsignalantworten auswertet und mit Signalmodellen vergleicht, die in der Prüfelektronik oder extern gespeichert sind, und die ordnungsgemäß funktionierenden Einzelmikrofonen entsprechen, und dass die Prüfelektronik in Abhängigkeit vom Ergebnis des Vergleiches eine Änderung des Wertes einzelner oder aller Filterkoeffizienten des Filterkoeffizientensatzes vornimmt und den Test erneut durchführt, bis die Testsignalantworten im Bereich der Signalmodelle liegen.
6. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Durchführen einer vorbestimmten Anzahl von Testwiederholungen der Test abgebrochen wird und eine Fehlermeldung angezeigt und/oder gespeichert wird.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Arraymikrofon mit mehreren Einzelmikrofonen (1 – 4) wobei
5 ein Lautsprecher (5) im Erfassungsbereich jedes der Mikrofone angeordnet ist und eine
elektronische Schaltung vorgesehen ist, die den Lautsprecher (5) so beaufschlagt, dass er
ein vorbestimmtes akustisches Testsignal abstrahlt, und dass die von jedem der Mikrofone
als Antwort auf den Empfang des Testsignals kommenden Testantwortsignale ausgewertet.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

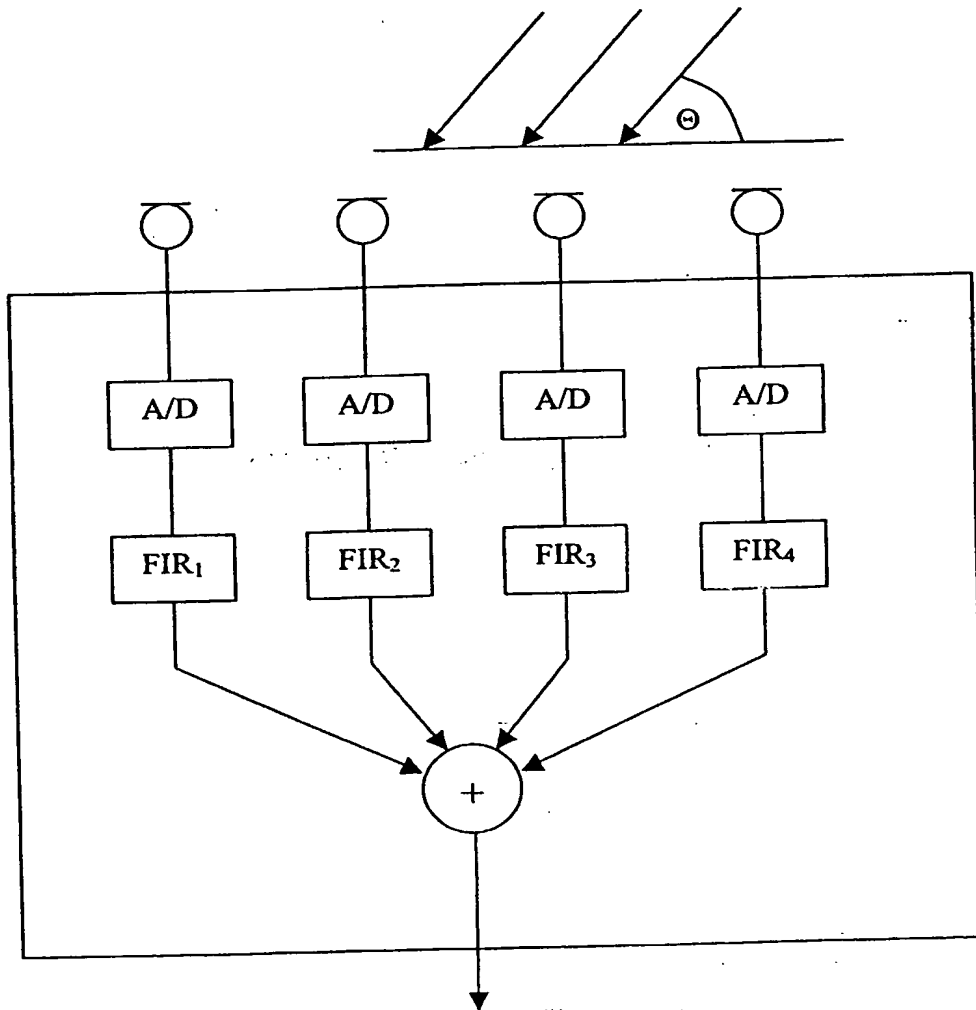


Fig. 1

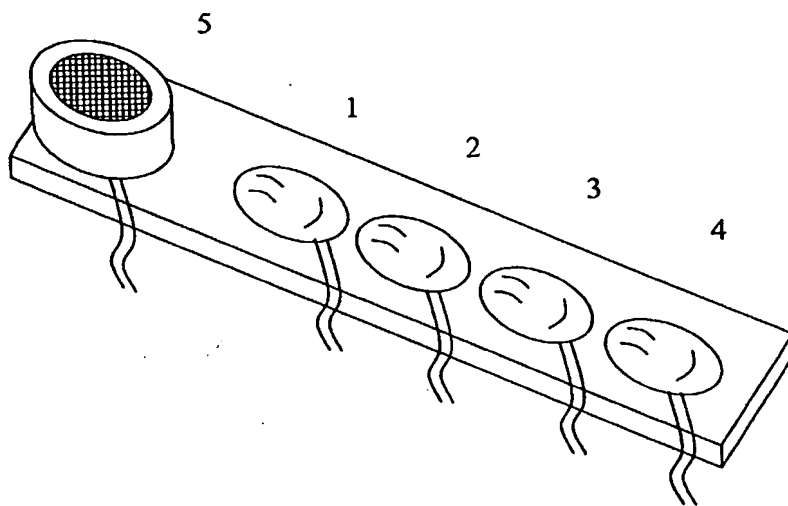


Fig. 2

3/6

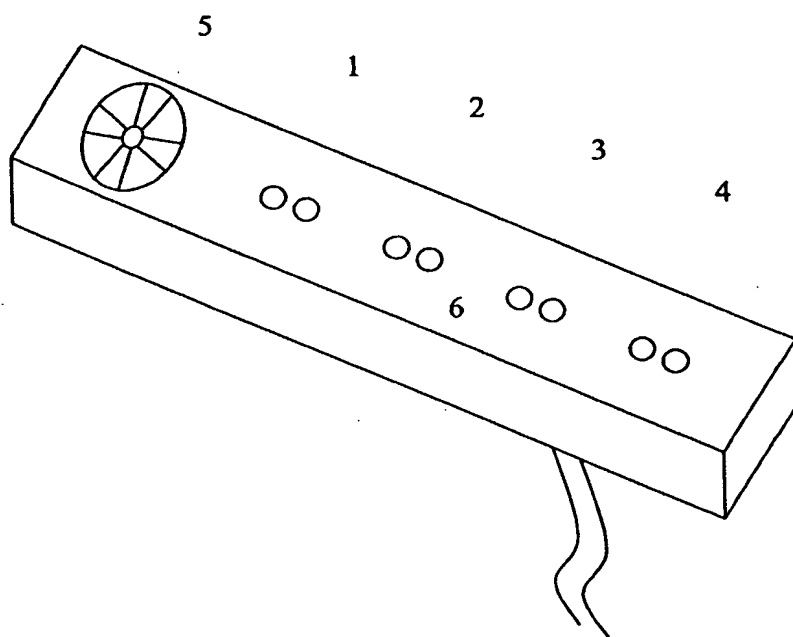


Fig. 3

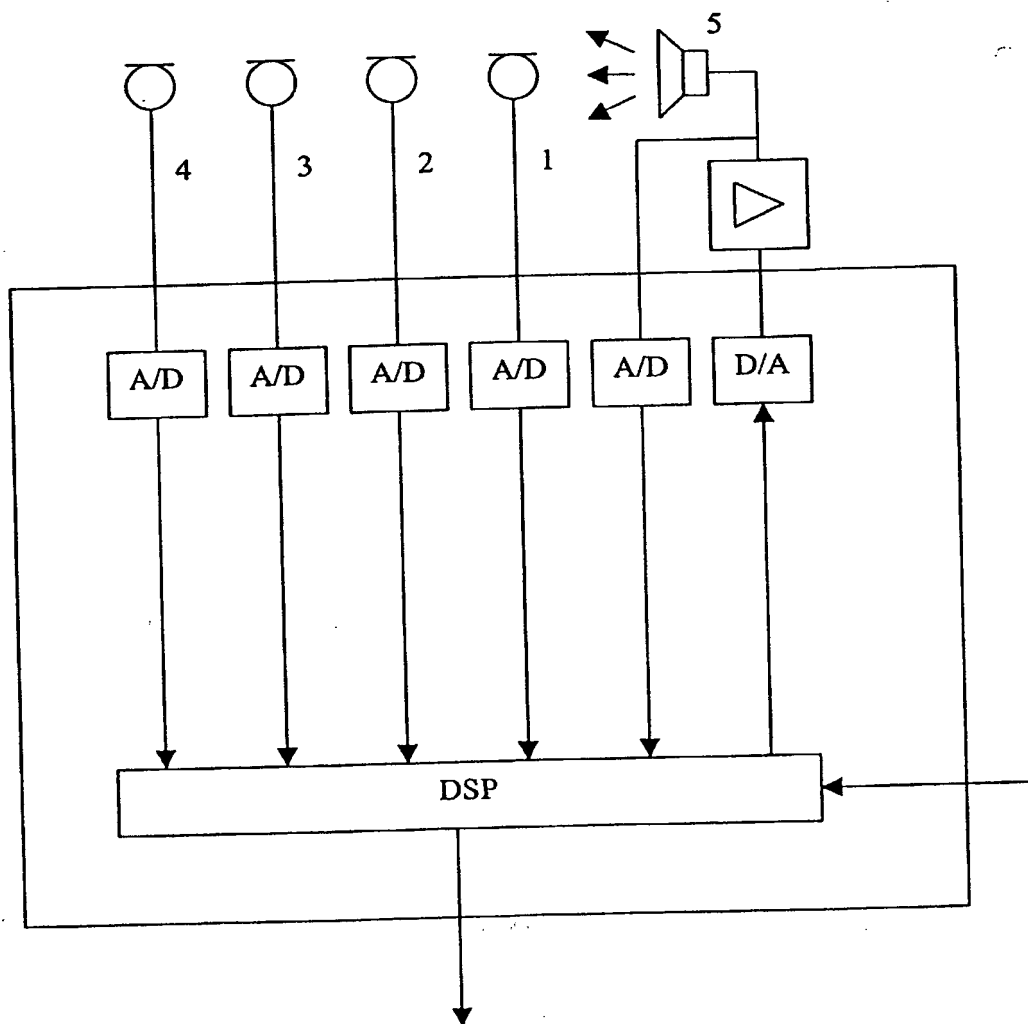


Fig. 4

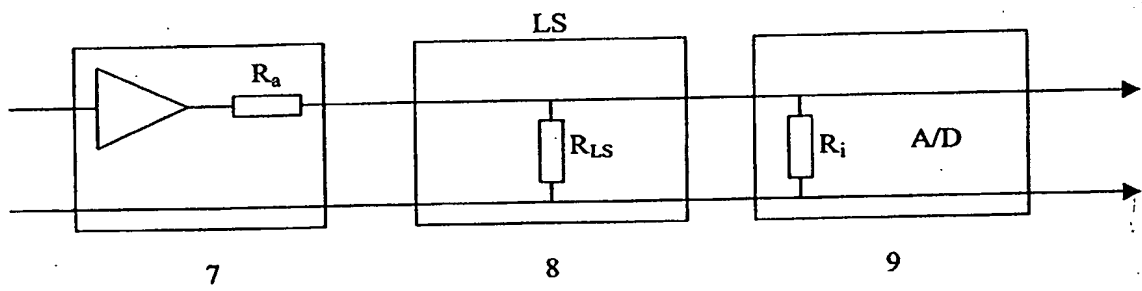


Fig. 4a

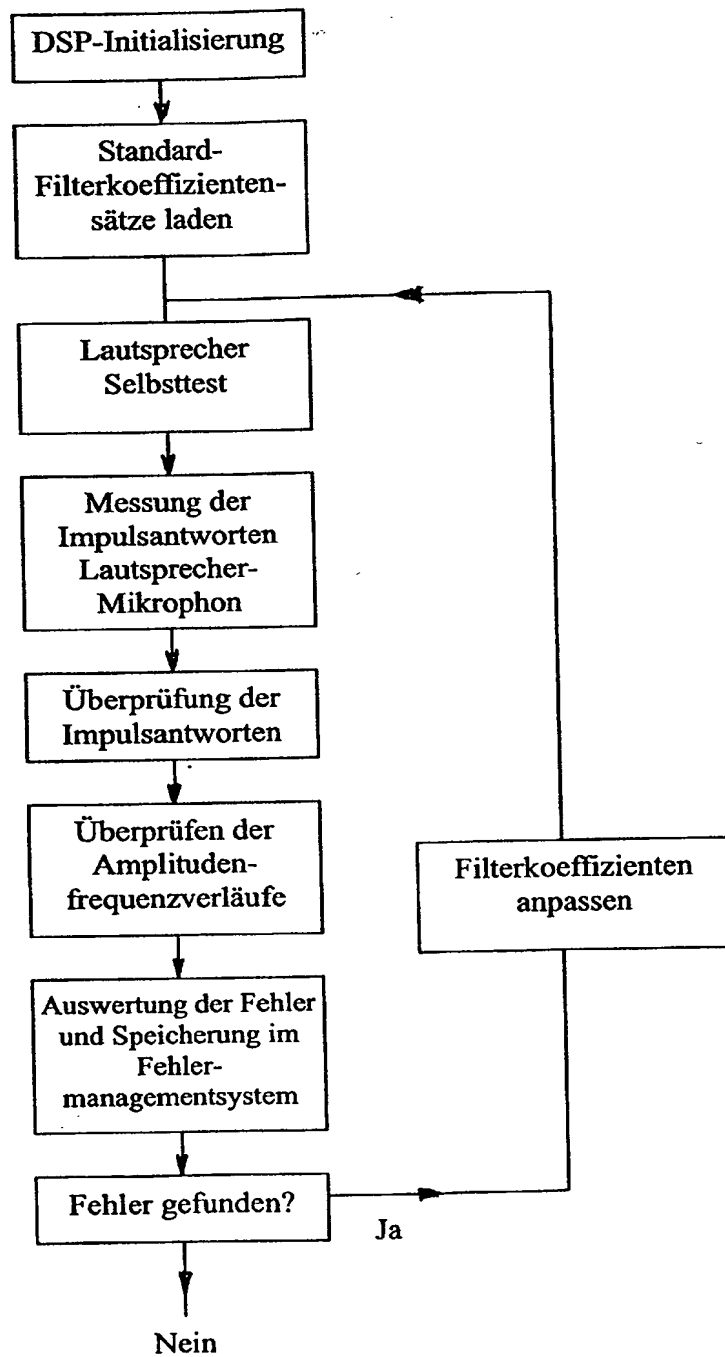


Fig. 5